

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3141789 C2

②1 Aktenzeichen: P 31 41 789.2-51  
②2 Anmeldetag: 21. 10. 81  
④3 Offenlegungstag: 27. 5. 82  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26. 3. 87

⑤1 Int. Cl. 4:  
**G 02 B 5/32**  
F 24 J 2/46  
F 24 J 3/06  
G 02 B 5/04  
G 02 B 6/00

DE 3141789 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
21.10.80 SU 2990650 12.12.80 SU 3211501  
18.03.81 SU 3253301

⑦3 Patentinhaber:  
Afian, Viktor Voskanovič; Vartanian, Albert  
Vartanovič, Eriwan/Erevan, SU; Martirosjan, Ruben  
Gegamovič, Erevan, SU; Rjabikov, Stanislav  
Vasil'evič; Strebkov, Dmitrij Semenovič;  
Tverjanovič, Eduard Vladimirovič, Moskau/Moskva,  
SU

⑦4 Vertreter:  
Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Beetz jun., R., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Timpe, W., Dr.-Ing.; Siegfried, J., Dipl.-Ing.;  
Schmitt-Fumian, W., Privatdozent, Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat., PAT.-ANW., 8000 München

⑦2 Erfinder:  
gleich Patentinhaber

56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften:

DE-PS 26 29 641  
DE-OS 30 12 500  
US 40 54 356  
GB-Z.: Solar Energy, Vol. 21, S. 423-430,  
1978



Bibliothek  
Büch. in l. Eigendom  
13 MEI 1987

⑤4 Sonnenstrahlkonzentrator und Verfahren zu seiner Herstellung

DE 3141789 C2

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3141789 C2

②① Aktenzeichen: P 31 41 789.2-51  
②② Anmeldetag: 21. 10. 81  
④③ Offenlegungstag: 27. 5. 82  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26. 3. 87

⑤① Int. Cl. 4:  
**G 02 B 5/32**  
F 24 J 2/46  
F 24 J 3/06  
G 02 B 5/04  
G 02 B 6/00

DE 3141789 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
21.10.80 SU 2990650 12.12.80 SU 3211501  
18.03.81 SU 3253301

⑦③ Patentinhaber:  
Afian, Viktor Voskanovič; Vartanian, Albert  
Vartanovič, Eriwan/Erevan, SU; Martirosjan, Ruben  
Gegamovič, Erevan, SU; Rjabikov, Stanislav  
Vasil'evič; Strebkov, Dmitrij Semenovič;  
Tverjanovič, Eduard Vladimirovič, Moskau/Moskva,  
SU

⑦④ Vertreter:  
Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Beetz jun., R., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Timpe, W., Dr.-Ing.; Siegfried, J., Dipl.-Ing.;  
Schmitt-Fumian, W., Privatdozent, Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat., PAT.-ANW., 8000 München

⑦② Erfinder:  
gleich Patentinhaber

⑤④ Sonnenstrahlkonzentrator und Verfahren zu seiner Herstellung

DE 3141789 C2

## Patentansprüche

1. Sonnenstrahlkonzentrator in Form eines Prismas mit Flächen für Eintritt, Reflexion und Austritt von Strahlen, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der Eintrittsfläche (2) und/oder auf der Reflexionsfläche (3) eine Materialschicht (5) mit einem darin erzeugten räumlichen Hologramm angeordnet ist, das auf der Eintrittsfläche (2) vom Durchlaßtyp und auf der Reflexionsfläche (3) vom Reflexionstyp ist, wobei das auf der Eintrittsfläche (2) angeordnete Hologramm derart aufgebaut ist, daß die zu konzentrierende Strahlung unter einem Winkel in das Prisma eingeführt wird, der größer ist als der Grenzwinkel der Totalreflexion, den das Prisma ohne ein Hologramm enthaltende Materialschicht aufweisen würde.
2. Sonnenstrahlkonzentrator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel ( $\varphi'$ ) zwischen der Eintrittsfläche (2) und der Reflexionsfläche (3) mindestens der Hälfte des Winkelbetrags entspricht, der die Winkeldifferenz zwischen dem Braggwinkel und dem Winkel minimaler Beugungseffektivität darstellt.
3. Sonnenstrahlkonzentrator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem nur einseitig mit Hologramm versehenen Prisma (1) die Parameter des Hologramms derart gewählt sind, daß sich die Strahlung im Prisma (1) parallel zu der Fläche ausbreitet, die derjenigen entgegengesetzt ist, auf der sich das Hologramm befindet.
4. Sonnenstrahlkonzentrator nach Anspruch 1, mit einem in Form eines Parallelepipedes ausgebildeten Prisma, dadurch gekennzeichnet, daß das räumliche Hologramm einen ungleichmäßigen Aufbau zur Verhinderung einer Beugung eines sich innerhalb des Prismas ausbreitenden Strahls aufweist, der von der Trennfläche Hologramm/Luft reflektiert wird.
5. Sonnenstrahlkonzentrator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das räumliche Hologramm mehrschichtig ausgeführt ist und jede Schicht eine Information über eine Lichtquelle mit einer von den Wellenlängen der bei der Erzeugung der Hologramme in den anderen Schichten benutzten Lichtquellen verschiedenen Wellenlänge enthält.
6. Sonnenstrahlkonzentrator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Schichten des räumlichen Hologramms gleich der Anzahl der Austrittsflächen (4, 4') und der Aufbau des Hologramms einer jeden Schicht unter Berücksichtigung der Strahlungsrichtung auf die entsprechende Austrittsfläche (4 oder 4') gewählt ist.
7. Verfahren zum Herstellen eines Sonnenstrahlkonzentrators nach Anspruch 1 unter Aufzeichnung eines Interferenzbildes in einer lichtempfindlichen Schicht von einem Referenz- und einem Objektbündel einer Laserstrahlung, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtempfindliche Schicht (5) auf die Eintrittsfläche (2) und/oder auf die Reflexionsfläche (3) eines Prismas (1) aufgebracht wird und die Aufzeichnung des Interferenzbildes erfolgt, indem das Referenzbündel (6) in Richtung der zu konzentrierenden Strahlung und das Objektbündel (7) unter dem Grenzwinkel der Totalreflexion ( $\Theta$ ) gegen Luft der Materialien der lichtempfindlichen Schicht (5) und des Prismas (1) gelenkt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem ein Prisma mit einer trapezförmigen Grundfläche benutzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Objektbündel (7) eine Lichtstrahlung mit einer flachen Wellenfront verwendet und auf eine von nichtparallelen Prismenflächen gerichtet wird, die als Eintritts- und Reflexionsfläche (2 bzw. 3) gewählt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Eintrittswinkel ( $\Theta$ ) für das Referenzbündel (7) im Prisma (1) entsprechend der Formel  $\Theta \geq \beta + 2 \varphi' m$ , gewählt wird, wobei

$\Theta$  den Einfallswinkel des Objektbündels auf die Eintrittsfläche (2) des Prismas (1),

$\beta$  den Grenzwinkel für eine Totalreflexion an der Trennfläche Prisma/Luft,

$\varphi'$  den Winkel zwischen der Eintrittsfläche (2) und der Reflexionsfläche (3) des Prismas (1) und

$m$  die Höchstzahl von Mehrfachreflexionen eines Strahls einer zu konzentrierenden Strahlung innerhalb des Prismas (1) bezeichnet.

10. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem ein Prisma mit einer rechteckförmigen Grundfläche verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Objektbündel (7) eine Lichtstrahlung mit einer divergierenden Wellenfront benutzt wird, deren Quelle ( $P$ ) in der Weise angeordnet wird, daß ein Abschnitt auf der Trennfläche Hologramm/Luft zwischen der Eintrittsstelle eines Strahls und dem Punkt seiner ersten Reflexion von der Trennfläche Hologramm/Luft unter einem Winkel entsprechend mindestens dem Winkelbetrag, der die Winkeldifferenz zwischen dem Braggwinkel und dem Winkel minimaler Beugungseffektivität darstellt, im Punkt der oben genannten ersten Reflexion sichtbar ist.

11. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf die erste lichtempfindliche Schicht mindestens noch eine lichtempfindliche Schicht aufgetragen und auf jede der Schichten ein Interferenzbild aufgezeichnet wird, wozu von einer Lichtquelle mit einer von den Wellenlängen der zur Aufzeichnung der Interferenzbilder auf den übrigen Schichten verwendeten Lichtquellen verschiedenen Wellenlängen Gebrauch gemacht wird und die Werte der Wellenlängen für sämtliche Lichtquellen unter Berücksichtigung eines Fehlens des Effektes einer Kreuzmodulation gewählt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Schichten des räumlichen Hologramms nach der Anzahl der Austrittsflächen des Konzentrators gewählt und ein Interferenzbild in jeder Schicht aufgezeichnet wird, indem das Objektbündel (7) in Richtung einer der jeweiligen Schicht entsprechenden Austrittsfläche gelenkt wird.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Sonnenstrahlkonzentrator und ein Verfahren zu seiner Herstellung, gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 7.

Der erfindungsgemäße Sonnenstrahlkonzentrator kann in der Heliotechnik zur Konzentration einer auf die Arbeitsfläche eines Fotoumformers einfallenden Sonnenstrahlung eingesetzt werden.

Es ist ein Sonnenstrahlkonzentrator in Form eines

Pr  
M  
J.  
la  
St  
xiun  
ch  
Fl  
Pr  
To  
str  
re  
ketri  
er  
Ka  
Da  
tri  
W  
Er  
Er  
trastr  
ma  
me  
ne  
Sp  
Ko  
un  
tristr  
wo  
kle  
wi  
ve  
Br  
De  
ge  
so  
au  
ze  
ne  
sostr  
bz  
fü  
tec  
ter  
ein  
lur  
erz  
als  
div  
ne  
Br  
mi  
hir  
deze  
Str  
gie

Prismas mit einer dreieckigen Grundfläche aus einem Material mit hoher Brechungszahl bekannt (D. R. Mills, J. E. Giurtronic, "Ideal prism solar concentrators", "Solar Energy", 1978, 21, N. 5, S. 423-430), in dem die Strahlungskonzentration durch mehrfache Totalreflexionen zustande kommt.

Das Prisma weist dabei Flächen für Eintritt, Reflexion und Austritt von Strahlen auf. Die untere Reflexionsfläche des Prismas hat einen Spiegelbelag, während der Flächenwinkel zwischen der oberen Eintrittsfläche des Prismas und der Reflexionsfläche mit Rücksicht auf eine Totalreflexion eines in das Prisma eingetretenen Lichtstrahls gewählt ist und ca. 20° beträgt. Die mehrfach reflektierten Strahlen verlassen die diesem Flächenwinkel gegenüberliegende Austrittsfläche des Prismas.

Die als Flächenverhältnis der Eintrittsfläche zur Austrittsfläche definierbare Vielfachheit der Konzentration erweist sich hierbei als niedrig und beträgt ca. 3. Der Konzentrador weist große Abmessungen und Maße auf. Darüber hinaus wird das gesamte Sonnenstrahlungsspektrum konzentriert, was zu einer unwirtschaftlichen Wandlung der Sonnenenergie durch einen selektiven Empfänger, z. B. einen Fotoumformer, führt, der ein Empfindlichkeitsmaximum in einem bestimmten Spektralbereich erreicht.

Aus der DE-PS 26 29 641 ist ein selektiver Sonnenstrahlkonzentrador in Form eines durchsichtigen Prismas — einer planparallelen Platte — mit in deren Volumen dispergierten Lumineszenzzentren bekannt, die eine auf sie einfallende Strahlung in einem langwelligeren Spektralbereich wiederabstrahlen. Zur Erhöhung des Konzentrationsgrades ist auf die untere Plattenfläche und auf sämtliche Seitenflächen mit Ausnahme der Austrittsfläche eine Reflexionsschicht aufgetragen.

In diesem Konzentrador breitet sich die Lumineszenzstrahlung innerhalb der Platte in allen Richtungen aus, wobei die auf die Plattenflächen von innen unter einem kleineren Raumwinkel als dem Grenz-Totalreflexionswinkel auftreffende Lumineszenzstrahlung die Platte verläßt und verlorengeht. Für eine Glasplatte mit einer Brechungszahl von 1,5 betragen diese Verluste ca. 25%. Derartige Verluste sind grundsätzlich nicht zu beseitigen. Erhebliche Verluste treten auch infolge Selbstabsorption und Rückstrahlung an den Reflexionsflächen auf. Außerdem zählen zu den Mängeln dieses Lumineszenzkonzentrators Schwierigkeiten bei der Synthese eines nach Spektralkennlinien geeigneten Leuchtstoffes sowie dessen Instabilität und geringe Lebensdauer.

Aus der US-PS 40 54 356 ist schließlich ein Sonnenstrahlkonzentrador bekannt, der in Form einer Linse bzw. eines Hologramms einer Lichtpunktquelle ausgeführt ist. Ein derartiger Konzentrador ist herstellungstechnisch einfach, es wird durch Aufzeichnung eines Interferenzbildes von einem planparallelen Referenz- und einem divergierenden Objektbündel einer Laserstrahlung in einer Schicht eines lichtempfindlichen Materials erzeugt. Die Brennweite dieser Linse erweist sich aber als groß und wird durch die Lage der Quelle für eine divergierende Strahlung festgelegt. Zur Anordnung eines Empfängers für eine konzentrierte Strahlung im Brennpunkt der Linse bedarf es einer den Empfänger mit der Linse verbindende Hilfseinrichtung. Darüber hinaus fällt die Energieverteilung über die Oberfläche des Empfängers sehr ungleichmäßig aus.

Zur Konzentration von Sonnenstrahlung sind Konzentratoren von Interesse, die keine Abbildung einer Strahlungsquelle erzeugen und eine gleichmäßige Energieverteilung unmittelbar über ihre Austrittsfläche ge-

währleisten.

Aus der DE-OS 30 12 500, die sich mit einem Reflektor für Lichtstrahlen auf der Basis von Beugungsgittern befaßt, ist es bekannt, durch holographische Verfahren in einem photoempfindlichen Material gebildete Beugungsgitter zu verwenden. Da es sich um zwei oder drei verschieden orientierte, unterschiedliche Beugungsgitter handelt, ist das Hologramm zusammengesetzt. Ein oder alle Beugungsgitter können Fokussierungseigenschaften haben. Wenn der Reflektor beleuchtet wird, wird die auf ihn auftreffende Strahlung reflektiert und außerhalb der Reflektorplatte mit dem Hologramm fokussiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen derartigen Sonnenstrahlkonzentrador zu schaffen, dessen Konstruktion eine Verminderung von Energieverlusten bei der Konzentration der Sonnenstrahlung, eine Erhöhung des Konzentrationsgrades, eine Erweiterung der Möglichkeiten für eine Konzentration verschiedener Spektralbereiche der Sonnenstrahlung, die Möglichkeit einer gleichzeitigen getrennten Konzentration der verschiedenen Spektralbereiche auf verschiedene Strahlaustrittsflächen zu sichern vermag.

Der Erfindung liegt weiter die Aufgabe zugrunde, die Herstellungstechnologie für Sonnenstrahlkonzentratoren zu vereinfachen.

Die gestellte Aufgabe ist bei einem Sonnenstrahlkonzentrador mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Bei einem erfindungsgemäßen Sonnenstrahlkonzentrador wird die Strahlung mit Hilfe des Hologramms in das Prisma gerührt, breitet sich innerhalb desselben aus und wird auf einer oder mehreren Stirnflächen des Prismas fokussiert.

Zur Vorgabe von Spektralkennlinien des Sonnenstrahlkonzentrators in einem weiten Bereich ist es zweckmäßig, den Winkel zwischen der Eintrittsfläche und der Reflexionsfläche entsprechend mindestens gleich der Hälfte des Winkelbetrags zu wählen, der die Winkeldifferenz zwischen dem Braggwinkel und dem Winkel minimaler Beugungseffektivität darstellt.

Zur Erhöhung des Konzentrationsgrades der Sonnenstrahlung ist es erwünscht, die Parameter eines auf einer Seite des Prismas vorgesehenen Hologramms derart zu wählen, daß sich die Strahlung im Prisma parallel zu der Fläche ausbreitet, die derjenigen entgegengesetzt ist, auf der sich das Hologramm befindet.

Falls das Prisma die Form eines Parallelepipeds aufweist, ist es zweckmäßig, das räumliche Hologramm mit einem ungleichmäßigen Aufbau zur Verhinderung einer Beugung eines sich innerhalb des Prismas ausbreitenden Strahls auszuführen, der von der Trennfläche Hologramm/Luft reflektiert wird.

Zur Erweiterung des zu konzentrierenden Spektralbereiches der Sonnenstrahlung kann das räumliche Hologramm mehrschichtig ausgeführt werden, wobei jede Schicht eine Information über eine Lichtquelle mit einer von den Wellenlängen der bei der Erzeugung der Hologramme in den anderen Schichten benutzten Lichtquellen verschiedenen Wellenlänge enthält.

Hierbei ist es zur effektiveren Ausnutzung der Sonnenstrahlung erwünscht, die Anzahl der Schichten des räumlichen Hologramms gleich der Anzahl der Austrittsflächen und den Aufbau des Hologramms einer jeden Schicht unter Berücksichtigung der Strahlungsrichtung auf die entsprechende Austrittsfläche zu wählen.

Die gestellte Aufgabe wird weiter dadurch gelöst, daß bei einem Herstellungsverfahren für einen Sonnenstrahlkonzentrador mit Aufzeichnung eines Interferenz-

bildes von einem Referenz- und einem Objektbündel einer Laserstrahlung in einer lichtempfindlichen Schicht gemäß der Erfindung diese lichtempfindliche Schicht auf die Eintrittsfläche und/oder auf die Reflexionsfläche eines Prismas aufgebracht wird und die Aufzeichnung des Interferenzbildes erfolgt, indem das Referenzbündel in Richtung der zu konzentrierenden Strahlung und das Objektbündel unter dem Totalreflexionswinkel gegen Luft der Materialien der lichtempfindlichen Schicht und des Prismas gelenkt wird.

Zur Sicherung einer größeren Wahlfreiheit für den zu konzentrierenden Spektralbereich bei Benutzung eines Prismas mit einer trapezförmigen Grundfläche kann als Objektbündel eine Lichtstrahlung mit einer flachen Wellenfront benutzt und auf eine von nichtparallelen Prismenflächen gerichtet werden, die als Eintritts- und Reflexionsfläche gewählt werden.

In diesem Fall ist der Eintrittswinkel für das Referenzbündel im Prisma zweckmäßigerweise entsprechend der Formel

$$\Theta \geq \beta + 2 \varphi' m,$$

zu wählen, wobei

$\Theta$  den Einfallswinkel des Objektbündels auf die Eintrittsfläche des Prismas,  
 $\beta$  den Grenzwinkel für eine Totalreflexion an der Trennfläche Prisma/Luft,  
 $\varphi'$  den Winkel zwischen der Eintrittsfläche und der Reflexionsfläche des Prismas und  
 $m$  die Höchstzahl von Mehrfachreflexionen eines Strahls einer zu konzentrierenden Strahlung innerhalb des Prismas bezeichnet.

Bei Herstellung eines Sonnenstrahlkonzentrators auf der Basis eines ein Rechteck als Grundfläche aufweisenden Prismas wird zweckmäßig als Objektbündel eine Lichtstrahlung mit einer divergierenden Wellenfront verwendet, deren Quelle in der Weise angeordnet wird, daß ein Abschnitt auf der Trennfläche Hologramm/Luft zwischen der Eintrittsstelle eines Strahls und dem Punkt seiner ersten Reflexion von der Trennfläche Hologramm/Luft unter einem Winkel entsprechend mindestens dem Winkelbetrag, der die Winkeldifferenz zwischen dem Braggwinkel und dem Winkel minimaler Beugungseffektivität darstellt, im Punkt der oben genannten ersten Reflexion sichtbar ist.

Bei Herstellung eines Sonnenstrahlkonzentrators mit einem mehrschichtigen Hologramm ist es zweckmäßig, auf die erste lichtempfindliche Schicht mindestens noch eine lichtempfindliche Schicht aufzutragen und auf jede der Schichten ein Interferenzbild aufzuzeichnen, wozu von einer Lichtquelle mit einer von den Wellenlängen der zur Aufzeichnung der Interferenzbilder auf den übrigen Schichten verwendeten Lichtquellen verschiedenen Wellenlänge Gebrauch gemacht wird, und die Werte der Wellenlängen für sämtliche Lichtquellen unter Berücksichtigung eines Fehlens des Effektes einer Kreuzmodulation gewählt werden.

Hierbei kann man die Anzahl der Schichten des räumlichen Hologramms nach der Anzahl der Austrittsflächen des Konzentrators wählen und ein Interferenzbild in jeder Schicht aufzeichnen, indem das Objektbündel in Richtung einer der jeweiligen Schicht entsprechenden Austrittsfläche gelenkt wird.

Der erfindungsgemäß ausgeführte Sonnenstrahlkonzentrator führt zur Konzentration eines wahlfreien Be-

reiches des Sonnenspektrums zu einer Verminderung der Energieverluste bei der Konzentration und zu einem hohen Konzentrationsgrad. Der Konzentrator ist einfach im Aufbau und enthält eine kleinstmögliche Anzahl von Bauelementen. Das Herstellungsverfahren für den Konzentrator zeichnet sich durch Einfachheit und das Fehlen arbeitsintensiver Operationen für eine mechanische Bearbeitung der Oberflächen der optischen Elemente aus. Durch die Erzeugung einer entsprechenden Struktur des Beugungsgitters des räumlichen Hologramms auf dem Wege der Anwendung von Lichtquellen mit verschiedenen Wellenlängen wird eine effektivere Ausnutzung des Sonnenstrahlspektrums mit der Möglichkeit einer getrennten Konzentration verschiedener Spektralbereiche gewährleistet.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von in der Zeichnung veranschaulichten konkreten Ausführungsformen näher erläutert werden. Dabei zeigt

Fig. 1 einen Sonnenstrahlkonzentrator und eine Vorrichtung zur Herstellung eines räumlichen Hologramms vom Durchlaßtyp auf der Eintrittsfläche eines Prismas mit einer dreieckigen Grundfläche;

Fig. 2 einen Sonnenstrahlkonzentrator mit einem Prisma mit einer trapezförmigen Grundfläche und einem räumlichen Hologramm vom Durchlaßtyp auf der Eintrittsfläche;

Fig. 3 einen Sonnenstrahlkonzentrator mit einem Prisma mit einer trapezförmigen Grundfläche und einem räumlichen Hologramm vom Reflexionstyp auf der Reflexionsfläche;

Fig. 4 einen Sonnenstrahlkonzentrator in Form eines Parallelepipeds und die Strahlungsrichtung eines Objektbündels bei dessen Herstellung;

Fig. 5 einen Sonnenstrahlkonzentrator in Form eines Parallelepipeds mit einem räumlichen Hologramm vom Durchlaßtyp auf der Eintrittsfläche und einem räumlichen Hologramm vom Reflexionstyp auf der Reflexionsfläche;

Fig. 6 einen Sonnenstrahlkonzentrator in Form eines Parallelepipeds mit einem zweischichtigen Hologramm vom Durchlaßtyp auf der Eintrittsfläche und mit zwei Austrittsflächen.

Der in Fig. 1 gezeigte Sonnenstrahlkonzentrator besteht aus einem Prisma 1 mit einer dreieckigen Grundfläche, das eine Eintrittsfläche 2, eine Reflexionsfläche 3 und eine Austrittsfläche 4 für Strahlung sowie eine auf die Eintrittsfläche 2 aufgetragene Schicht 5 aus einem lichtempfindlichen Material mit einem darin erzeugten räumlichen Hologramm vom Durchlaßtyp aufweist. Die Struktur des Beugungsgitters ist derart, daß die Einführung der Strahlung in das Prisma unter einem Totalreflexionswinkel  $\Theta$  und bei einer Beleuchtung des Konzentrators durch ein mit einem bei der Aufzeichnung des Hologramms verwendeten Referenzbündel 6 identisches Lichtbündel gewährleistet ist, wobei sich die Lichtstrahlen innerhalb des Prismas 1 parallel zur Reflexionsfläche 3 ausbreiten.

Bei einer anderen Ausführungsform des gleichen Konzentrators kann sich das räumliche Hologramm auf der Reflexionsfläche 3 (in den Zeichnungen nicht angedeutet) befinden. In diesem Fall sichert dem Hologramm die Struktur seines Beugungsgitters Reflexionseigenschaften und eine Ausbreitung der in das Prisma 1 eingetretenen Strahlung parallel zur Strahleintrittsfläche 2.

Der in Fig. 2 dargestellte Sonnenstrahlkonzentrator besteht aus einem Prisma 1' mit einer trapezförmigen Grundfläche und mit einer Eintrittsfläche 2 und einer Reflexionsfläche 3, und mit zwei Austrittsflächen 4 und

4' und aus einer Materialschicht 5 mit einem in dieser erzeugten räumlichen Durchlaßhologramm. Die Flächen 2 und 3 sind im Prisma 1' nicht parallel. Die Parameter des Beugungsgitters des genannten Hologramms sind derart, daß bei der Beleuchtung des Konzentrators durch das mit dem Referenzbündel 6 identische Lichtbündel dieses in das Prisma 1 unter dem Totalreflexionswinkel  $\Theta$  zur Eintrittsfläche 2 eingeführt wird und sich in Richtung der Austrittsfläche 4 fortsetzt. Punktirt ist die Richtung eines Objektbündels 7 zum Prisma 1' bei der Bildung des Beugungsgitters des räumlichen Hologramms angedeutet.

Der in Fig. 3 wiedergegebene Konzentrador weist im Unterschied zu dem in Fig. 2 dargestellten eine Materialschicht 5' mit einem räumlichen Reflexionshologramm auf einer Reflexionsfläche 3 auf. Die Struktur des Beugungsgitters des Hologramms ist derart, daß das in das Prisma 1' eingetretene mit dem Referenzbündel identische Lichtbündel innerhalb des Prismas 1' unter einem Totalreflexionswinkel  $\Theta'$  größer als der Winkel  $\Theta$  reflektiert und in Richtung der kleineren Austrittsfläche 4' des Prismas 1' gelenkt wird.

Eine weitere Ausführungsform für einen Sonnenstrahlkonzentrador besteht gemäß Fig. 4 aus einem Prisma 1'' in Form eines rechteckigen Parallelepipedes mit einer Eintrittsfläche 2, einer Reflexionsfläche 3 und zwei Austrittsflächen 4 und 4' und aus einer Materialschicht 5 mit einem räumlichen Durchlaßhologramm. Im Unterschied zu den in Fig. 1 bis 3 dargestellten Konzentratoren weist das genannte Hologramm eine ungleichmäßige Struktur zur Verhinderung einer Beugung eines sich innerhalb des Prismas 1'' fortsetzenden, von der Trennfläche Hologramm/Luft-Luft reflektierten Strahls auf.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform eines Konzentrators, deren Unterschied von der in Fig. 4 wiedergegebenen darin besteht, daß auf der Reflexionsfläche 3 des Prismas 1'' zusätzlich eine Materialschicht 5' mit einem räumlichen Reflexionshologramm aufliegt. Die Parameter der Beugungsgitter der Hologramme sind derart gewählt, daß auf dem Hologramm vom Durchlaßtyp (Schicht 5) ein Spektralbereich mit Wellenlängen nahe  $\lambda_1$  und auf dem Hologramm vom Reflexionstyp (Schicht 5') ein Spektralbereich mit Wellenlängen nahe  $\lambda_2$  diffraktiert. Die Strahlung dieser beiden Bereiche wird auf die Austrittsfläche 4 konzentriert.

Eine weitere Ausführungsform für einen Sonnenstrahlkonzentrador ist in Fig. 6 dargestellt. Dessen Unterschied gegenüber dem Konzentrador gemäß Fig. 4 besteht darin, daß das räumliche Durchlaßhologramm in der Schicht 5'' mehrschichtig ausgeführt ist, wobei die Anzahl der Schichten des Hologramms gleich der Anzahl der Austrittsflächen für die konzentrierte Strahlung ist. Zur Veranschaulichung ist in Fig. 6 ein zweischichtiges Hologramm vom Durchlaßtyp dargestellt, dessen eine Schicht die konzentrierte Strahlung mit den Wellenlängen nahe  $\lambda_1$  auf die Austrittsfläche 4 und dessen andere Schicht die Strahlung mit den Wellenlängen nahe  $\lambda_2$  auf die zweite Austrittsfläche 4' richtet.

Das Herstellungsverfahren für den in Fig. 1 wiedergegebenen Sonnenstrahlkonzentrador besteht in folgendem. Auf die Eintrittsfläche 2 des Prismas 1 wird eine Schicht 5 eines lichtempfindlichen Materials, beispielsweise einer Fotoemulsion, aufgebracht. Auf die Schicht 5 des lichtempfindlichen Materials wird eine Schicht 8 einer Immersionsflüssigkeit mit einer Brechungszahl nahe der Brechungszahl des lichtempfindlichen Materials aufgetragen und darauf ein Hilfsprisma 9 aufgestellt. Das Hilfsprisma 9 dient zur Lenkung des Referenzbün-

dels 6 in Richtung der zu konzentrierenden Strahlung und des Objektbündels 7 parallel zur Reflexionsfläche 3. In der lichtempfindlichen Schicht 5 wird ein Interferenzbild aus dem Referenzbündel 6 und dem Objektbündel 7 der Laserstrahlung aufgezeichnet. Hierbei erweist sich das Durchlaßhologramm als homogen, weil das Referenzbündel 6 und das Objektbündel 7 jedes eine ebene Wellenfront besitzen. Zur Gewinnung eines Reflexionshologramms in einem Konzentrador auf der Basis eines dreieckigen Prismas 1 wird die lichtempfindliche Schicht 5 auf die Reflexionsfläche 3 aufgetragen, während das Objektbündel 7 parallel zur Eintrittsfläche 2 des Prismas 1 gerichtet wird. Im Sonnenstrahlkonzentrador gemäß Fig. 1 definiert der Winkel  $\varphi$  zwischen der Eintrittsfläche 2 und der Reflexionsfläche 3 eindeutig einen Winkel zwischen dem Referenzbündel 6 und dem Objektbündel 7, der seinerseits Spektralkennlinien eines in der lichtempfindlichen Schicht 5 erzeugten räumlichen Hologramms bestimmt.

Eine große Auswahlmöglichkeit zur Vorgabe von Spektralkennlinien eines Konzentrators bietet die Ausführungsform gemäß Fig. 2 mit einem trapezförmigen Prisma 1'. Bei der Herstellung eines derartigen Konzentrators wird das Objektbündel 7 zum Unterschied vom Herstellungsverfahren für den Konzentrador gemäß Fig. 1 auf das Prisma 1' unter einem wahlfreien Totalreflexionswinkel für das Material des Prismas 1', beginnend mit dem Grenz-Totalreflexionswinkel  $\beta$ , gerichtet. Hierbei wird als Objektbündel 7 eine Lichtstrahlung mit einer flachen Wellenfront verwendet. Der Winkel  $\varphi'$  zwischen der Eintrittsfläche 2 und der Reflexionsfläche 3 kann in Grenzen von  $45^\circ$  bis  $\delta/2$  gewählt werden, wobei  $\delta$  die Winkelabweichung vom Bragg-Winkel bedeutet, bei der die Beugungseffektivität des räumlichen Hologramms minimal ist. Zur Erzielung eines hohen Konzentrationsgrades für die Lichtstrahlung ist es zweckmäßig, den Winkel  $\varphi'$  gleich  $\delta/2$  zu nehmen. Das Objektbündel 7 wird auf das Prisma 1' in Richtung der Austrittsfläche 4 gelenkt.

Das Herstellungsverfahren für den in Fig. 3 gezeigten Konzentrador besteht darin, daß auf die Reflexionsfläche 3 eine lichtempfindliche Schicht 5' aufgebracht und ein Interferenzbild aufgezeichnet wird, indem das Referenzbündel 6 und das Objektbündel 7 auf die lichtempfindliche Schicht 5' von deren entgegengesetzten Seiten gerichtet werden. Hierbei wird das Objektbündel 7 in das Prisma 1' unter einem Winkel  $\Theta'$  zur Eintrittsfläche 2 eingeführt, der den Grenz-Totalreflexionswinkel  $\beta$  um mindestens einen einem Produkt aus der Anzahl der Reflexionen eines Strahls an der Reflexionsfläche 3 und dem Doppelten des Winkels  $\varphi'$  zwischen der Eintrittsfläche 2 und der Reflexionsfläche 3 des Prismas 1' gleichen Winkel übertrifft. Diese Bedingung wird durch folgende Beziehung beschrieben:

$$\Theta' \geq \beta + 2 \varphi' m,$$

wobei

$\Theta'$  den Einfallswinkel des Objektbündels auf die Eintrittsfläche 2 des Prismas 1',  
 $\beta$  den Grenz-Totalreflexionswinkel an der Trennfläche Prisma/Luft,  
 $\varphi'$  den Winkel zwischen der Eintrittsfläche 2 und Reflexionsfläche 3 des Prismas 1' und  
 $m$  die Höchstzahl von Mehrfachreflexionen eines Strahls einer zu konzentrierenden Strahlung innerhalb des Prismas 1'

bezeichnet.

Darüber hinaus unterscheidet sich das geschilderte Herstellungsverfahren für den Konzentrator von Fig. 3 von dem Herstellungsverfahren für den Konzentrator gemäß Fig. 2 dadurch, daß das Objektbündel 7 in das Prisma 1' in Richtung der Austrittsfläche 4' eingeführt wird.

Bei dem Herstellungsverfahren für den Konzentrator gemäß Fig. 4 wird ein Prisma 1'' in Form eines rechteckigen Parallelepipeds gewählt, auf dessen Eintrittsfläche 2 eine lichtempfindliche Schicht 5 aufgebracht wird, und bei der Aufzeichnung eines Interferenzbildes wird ein Objektbündel 7 mit einer divergierenden Wellenfront verwendet. Hierbei wird die Lage der Quelle P für das Objektbündel 7 bezüglich der Eintrittsfläche 2 in der Weise gewählt, daß ein Abschnitt an der Trennfläche Hologramm/Luft zwischen der Eintrittsstelle des Strahls und dem Punkt seiner ersten Reflexion an der Trennfläche Hologramm/Luft unter einem Winkel von nicht weniger als einer halben Winkelabweichung vom Bragg-Winkel im Punkt der obengenannten ersten Reflexion zu sehen ist, bei dem die Beugungseffektivität des räumlichen Hologramms minimal ist. Die Erfüllung dieser Bedingung im Falle der Anordnung des räumlichen Durchlaßhologramms auf der Eintrittsfläche 2 wird bei der Einhaltung des folgenden Verhältnisses gewährleistet:

$$2(d + d_i) \operatorname{tg} \alpha \geq h[\operatorname{tg}(\alpha_0 + \delta_0) - \operatorname{tg} \alpha_0],$$

wobei

$d$  einen Abstand zwischen der Eintritts- und der Reflexionsfläche,  
 $d_i$  die Dicke des räumlichen Hologramms,  
 $h$  den Abstand von der Quelle für das Objektbündel bis zur Trennfläche Hologramm/Luft,  
 $\alpha$  einen Totalreflexionswinkel an der Trennfläche Prisma-Luft,  
 $\alpha_0$  einen mit  $\alpha$  durch das Brechungsgesetz verbundenen Einfallswinkel eines Strahls des Objektbündels und  
 $\delta_0$  eine Winkelabweichung vom  $\alpha/2$  gleichen Bragg-Winkel, bei der die Beugungseffektivität des räumlichen Hologramms minimal ist,

bezeichnet.

Bei der Ableitung dieses Verhältnisses sind die Brechungszahlen der Materialschicht mit dem räumlichen Hologramm und die des Prismas gleich angenommen, weil sie in der Regel voneinander nur geringfügig abweichen. Die Brechungszahl des Mediums, in dem sich die Quelle P des Objektbündels 7 befindet, ist verschieden von der Brechungszahl des Prismas 1'' angenommen.

Im Spezialfall gleicher Brechungszahlen ist der Winkel  $\alpha$  gleich dem Winkel  $\alpha_0$  zu setzen. Darüber hinaus ist die Dicke  $d_i$  des räumlichen Hologramms in der Regel wesentlich kleiner als der Abstand  $d$  zwischen der Eintrittsfläche 2 und der Reflexionsfläche 3 und kann vernachlässigt werden. Die Lenkung des Objektbündels 7 unter einem erforderlichen Winkel kann beispielsweise mit Hilfe eines entsprechenden Hilfsprismas und einer Schicht einer Immersionsflüssigkeit auf der Eintrittsfläche 2 gewährleistet werden.

Das Herstellungsverfahren für die in Fig. 5 dargestellte Ausführungsform des Konzentrators besteht darin, daß zuerst auf eine Fläche, beispielsweise auf die

Eintrittsfläche 2, eine lichtempfindliche Schicht 5 aufgetragen und in dieser ein räumliches Durchlaßhologramm von einer Lichtquelle mit einer Wellenlänge  $\lambda_1$  erzeugt wird. Danach wird eine entsprechende fotochemische Behandlung dieser Schicht durchgeführt. Dann wird auf die Reflexionsfläche 3 eine lichtempfindliche Schicht 5' aufgetragen, in dieser ein räumliches Reflexionshologramm von einer Lichtquelle mit einer anderen Wellenlänge  $\lambda_2$  erzeugt und eine entsprechende fotochemische Behandlung dieser Schicht durchgeführt. Bei der Herstellung eines derartigen Konzentrators werden die Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  der Lichtquellen mit Rücksicht auf ein Fehlen einer Kreuzmodulation gewählt. Als Beispiel ist in Fig. 5 ein Konzentrator dargestellt, bei dessen Herstellung die beiden Objektbündel in das Prisma 1'' in Richtung der Austrittsfläche 4 eingeführt werden.

In ähnlicher Weise wird der in Fig. 6 gezeigte Konzentrator gefertigt, bei dem die Anzahl der Schichten des räumlichen Hologramms nach der Anzahl der Austrittsflächen gewählt ist. Die Schicht des räumlichen Hologramms wird auf die Eintrittsfläche 2 aufgetragen. Zuerst wird die erste lichtempfindliche Schicht aufgebracht und darin ein räumliches Hologramm durch Lenkung des Objektbündels in Richtung der ersten Austrittsfläche 4 und durch Verwendung einer Lichtquelle mit einer Wellenlänge  $\lambda_1$  erzeugt. Dann wird eine zweite lichtempfindliche Schicht aufgetragen und darin ein räumliches Hologramm durch Lenkung des Objektbündels in Richtung der zweiten Austrittsfläche 4' und durch Verwendung einer Lichtquelle mit einer anderen Wellenlänge  $\lambda_2$  erzeugt. Danach können weitere Schichten aufgetragen und die geschilderten Operationen wiederholt werden. Hier werden die Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  der Lichtquellen gleichfalls unter Berücksichtigung einer Minimierung des Effektes der Kreuzmodulation gewählt, damit also das Licht der einen Wellenlänge nur an "seinem" Beugungsgitter diffraktiert und mit anderen durch die Lichtquellen der anderen Wellenlängen gebildeten Schichten des Hologramms nicht zusammenwirkt. Konstruktiv können sämtliche Konzentratoren ein Prisma aus einem optisch durchsichtigen festen Material haben. Darüber hinaus kann das Prisma beispielsweise zwecks Verbesserung von Temperaturbedingungen für die Arbeit des Empfängers der konzentrierten Strahlung in Form einer mit einer durchsichtigen Flüssigkeit gefüllten Festkörperhülle ausgeführt werden.

Im Betrieb des erfindungsgemäßen Sonnenstrahlkonzentrators stellt das räumliche Hologramm ein räumliches Beugungsgitter dar, das periodisch angeordnete Streuflächen enthält. Fällt eine mit einer der beiden an der Bildung des Hologramms beteiligten Wellen identische Lichtwelle an einem derartigen Gitter unter einem Bragg-Winkel ein, diffraktiert sie daran und stellt eine mit der zweiten Welle identische Welle wieder her. Deshalb stellt das durch das planparallele Referenzbündel 6 und durch das in das Prisma unter dem Totalreflexionswinkel  $\Theta$  eingeführte Objektbündel 7 gebildete räumliche Hologramm bei Beleuchtung durch das Referenzbündel 6 das Objektbündel 7 wieder her. Dadurch wird ein Lichtstrahl aus der Luft in das optisch dichtere Medium des Prismas 1 unter dem Totalreflexionswinkel eingeführt.

Das räumliche Hologramm weist eine Winkelselektivität auf, d. h. eine Abhängigkeit der Beugungseffektivität vom Wert der Winkelabweichung des Beleuchtungsbündels vom Bragg-Winkel, wobei die zulässige Winkelabweichung um so kleiner ist, je größer ein bei der

Bildung des Hologramms dem Doppelten des Bragg'schen Winkels gleicher Winkel zwischen dem Referenzbündel 6 und dem Objektbündel 7 ist. Darüber hinaus ist das räumliche Hologramm selektiv für die Wellenlänge der Beleuchtungsstrahlung, weshalb es bei dessen Beleuchtung durch das Sonnenlicht einen bestimmten Spektralbereich in Abhängigkeit von den Bedingungen für die Erzeugung des Hologramms konzentrieren kann.

Der Konzentrator gemäß Fig. 1 weist auf der Eintrittsfläche 2 ein räumliches Durchlaßhologramm auf, das die in das Prisma 1 eintretende Strahlung parallel zur Reflexionsfläche 3 leitet. Gegenüber den in Fig. 2 und 3 dargestellten Konzentratoren konzentriert er bei gleichen Winkeln zwischen der Eintrittsfläche 2 und der Reflexionsfläche 3 einen verhältnismäßig schmalen Spektralbereich wegen eines größeren Winkels zwischen dem Referenzbündel 6 und dem Objektbündel 7 der Strahlung. Hierbei treten keine Mehrfachreflexionen der konzentrierten Lichtstrahlung innerhalb des Prismas 1 auf.

Der Konzentrator gemäß Fig. 2 arbeitet wie folgt. Die dem Referenzbündel 6 identische Lichtstrahlung diffraktiert an einem räumlichen Durchlaßhologramm, indem sie auf eine Materialschicht 5 mit diesem auftrifft, und tritt in das Prisma 1' unter dem Totalreflexionswinkel  $\Theta$  ein. Nach der Rückstrahlung von der zur Eintrittsfläche 2 unter einem Winkel von  $\varphi'$  geneigten Reflexionsfläche 3 trifft der Strahl auf die Grenzfläche Hologramm/Luft unter einem Winkel von  $\Theta + 2\varphi'$  auf und erfährt eine Totalreflexion. Der Winkel  $\varphi'$  wird nicht kleiner als eine halbe Winkelabweichung vom Bragg-Winkel gewählt, bei der die Beugungseffektivität des genannten Hologramms gleich Null ist.

Da der von der Grenzfläche Hologramm/Luft reflektierte Strahl auf die Streuflächen des räumlichen Hologramms nicht unter dem Bragg-Winkel, sondern mit einer Abweichung um den Winkel  $2\varphi'$  von diesem auftrifft, bei welchem die Beugungseffektivität dieses Hologramms gleich Null ist, so diffraktiert er daran nicht. Seine Richtung ändert sich also nicht, und nach einer Reihe von Mehrfachreflexionen tritt er durch die Austrittsfläche 4 aus.

In der Fig. 3 entsprechenden Ausführungsform des Konzentratoren mit einem als Grundfläche ein Trapez aufweisenden Prisma 11' wird die Strahlung auf die kleinere Austrittsfläche 4' konzentriert. Als Beispiel ist eine Ausführungsform mit einem auf der Reflexionsfläche 3 in der Schicht 5' liegenden räumlichen Reflexionshologramm gezeigt. Bei der Erzeugung des Beugungsgitters des genannten Hologramms wird das Objektbündel 7 in das Prisma 1' durch die Reflexionsfläche 3 unter dem Winkel  $\Theta$  eingeführt. Im Unterschied zu dem in Fig. 2 dargestellten Konzentrator wird dieser Winkel nach jeder Reflexion von der Fläche 3 um einen Wert von  $2\varphi'$  verkleinert. Damit also der Strahl das Prisma 1' durch die Eintrittsfläche 2 oder die Reflexionsfläche 3 nicht verläßt, wird der Winkel  $\Theta$  im Vergleich zum Grenz-Totalreflexionswinkel  $\beta$  um einen Winkel größer gewählt, der dem Produkt aus der Anzahl  $m$  der Reflexionen des Strahls von der Reflexionsfläche 3 und dem doppelten Winkel zwischen der Eintrittsfläche 2 und der Reflexionsfläche 3 des Prismas 1 gleich ist. Ein derartiger Konzentrator kann ein räumliches Durchlaßhologramm mit ähnlicher Wirkung auf der Eintrittsfläche 2 aufweisen. In dieser Ausführungsform des Konzentratoren ergeben sich höhere Konzentrationsgrade für die Lichtstrahlung und ein schmalere Bereich der konzen-

trierten Strahlung gegenüber dem in Fig. 2 dargestellten Konzentrator. Dies ist auf einen geringeren Flächeninhalt der Austrittsfläche 4' und auf einen größeren Winkel zwischen dem Referenzbündel 6 und dem Objektbündel 7 zurückzuführen.

Der in Fig. 4 wiedergegebene Sonnenstrahlkonzentrator enthält ein Prisma 1'' in Form eines Parallelepipeds und eine Materialschicht 5 mit einem räumlichen Durchlaßhologramm auf der Eintrittsfläche 2. Das Beugungsgitter des genannten Hologramms ist durch ein planparalleles Referenzbündel 6 und durch ein divergierendes Objektbündel 7 der Strahlung gebildet. Dadurch, daß das divergierende Objektbündel 7 im Fertigungsverfahren für den Konzentrator in das Prisma 1'' unter einem Totalreflexionswinkel geleitet worden ist, wird die Einführung eines dem Referenzbündel 6 identischen Strahlenbündels aus der Luft in das optisch dichtere Medium des Prismas 1'' unter einem Totalreflexionswinkel erreicht. Dies ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für die Konzentrierung einer Lichtstrahlung. Der am räumlichen Hologramm diffraktierte Lichtstrahl tritt in das Prisma 1'' unter dem Totalreflexionswinkel ein, erleidet eine Totalreflexion auf der Reflexionsfläche 3 und kehrt in einem gewissen Punkt in die Materialschicht 5 mit dem räumlichen Hologramm zurück. Zur Konzentration genügt es, daß der Strahl nach der Reflexion von der Grenzfläche räumliches Hologramm/Luft die Bragg-Bedingung auf diesem Abschnitt des Hologramms nicht erfüllt. Dann wird er am räumlichen Hologramm nicht diffraktieren und die Austrittsfläche 4 nach einer Reihe von Totalreflexionen verlassen. Zu diesem Zweck ist die Struktur des Beugungsgitters des räumlichen Hologramms in der Ausbreitungsrichtung des wiederholt reflektierten Strahls inhomogen ausgeführt. Diese Inhomogenität wird durch die Divergenz des Objektbündels 7 gewährleistet, dessen Strahlen bei der Bildung des Hologramms in die Materialschicht 5 unter verschiedenen Winkeln eintreten.

Durch die Auswahl des Abstandes von der Quelle  $P$  (Fig. 4) für das Objektbündel 7 bis zur Eintrittsfläche 2 und des Abstandes zwischen der Eintrittsfläche 2 und der Reflexionsfläche 3 ist der Einfall des von der Grenzfläche Hologramm/Luft reflektierten Strahls auf das Hologramm mit einer solchen Winkelabweichung vom Bragg-Winkel auf diesem Abschnitt ermöglicht, daß die Beugungseffektivität des räumlichen Hologramms auf diesem Abschnitt für ihn gleich Null ist. Da das räumliche Hologramm eine Winkelselektivität besitzt, übt es keine diffragierende Wirkung auf den mit einer bestimmten Winkelabweichung vom Bragg-Winkel gerichteten Strahl aus.

In Abhängigkeit von der Geometrie des divergierenden Objektbündels mit einer gegebenen Wellenlänge kann die Lichtstrahlung im Fertigungsverfahren für den Konzentrator auf zwei und mehr Austrittsflächen des Prismas, auf einen Teil der Austrittsfläche oder auf eine beliebige Stelle des Prismas konzentriert werden.

Die in Fig. 5 und 6 dargestellten Ausführungsformen von Konzentratoren arbeiten in Analogie zu den oben beschriebenen mit dem einzigen Unterschied, daß bei der Ausführungsform gemäß Fig. 5 die Strahlung von den beiden Hologrammen — dem Durchlaßhologramm (Schicht 5) und dem Reflexionshologramm (Schicht 3') — auf die eine Austrittsfläche 4 und bei der Ausführungsform gemäß Fig. 6 die Strahlung von jeder Schicht des Durchlaßhologramms auf eine entsprechende Austrittsfläche 4 oder 4' konzentriert wird.

Da das räumliche Hologramm neben der Winkelse-



lektivität auch eine Spektralselektivität besitzt, nimmt seine Beugungseffektivität mit der Abweichung von der Braggschen Wellenlänge bei einer Beleuchtung unter dem Bragg-Winkel ab. In sämtlichen oben beschriebenen Sonnenstrahlkonzentratoren kann daher an Stelle des mehrschichtigen räumlichen Hologramms ein einschichtiges Hologramm ausreichender Dicke verwendet werden. Die räumlichen Beugungsgitter von verschiedenen Lichtquellen werden einander überlagert, und bei einer Beleuchtung durch weißes Licht unter dem Bragg-Winkel trennt jedes Beugungsgitter seinen eigenen Spektralbereich ab. Der Effekt der Kreuzmodulation erweist sich als minimal, wenn die Wellenlängen der Lichtquellen voneinander merklich abweichen.

Die aufgezählten Ausführungsbeispiele des Sonnenstrahlkonzentrators schränken die Erfindung keineswegs ein und sind zur Veranschaulichung der Mannigfaltigkeit von möglichen Bauarten und Eigenschaften eines grundsätzlich neuen Typs von Sonnenstrahlkonzentratoren auf der Grundlage der Verwendung räumlicher Hologramme und des Effektes der Totalreflexion angeführt.

Der Sonnenstrahlkonzentrator gestattet es bei erfindungsgemäßer Ausbildung, höhere Konzentrationsgrade gegenüber den bestehenden Konzentratoren auf der Basis eines Prismas mit Totalreflexion zu erhalten. Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren für den Konzentrator gibt die Möglichkeit, Sonnenstrahlkonzentratoren in einem weiten Bereich der Spektralselektivität von schmalbandigen Filter-Konzentratoren mit einem einige Nanometer breiten Spektralbereich bis zu Konzentratoren zu erhalten, die praktisch keine Spektralselektivität aufweisen. Die getrennte Konzentration verschiedener Spektralbereiche auf verschiedene Austrittsflächen gestattet es, mit einem Konzentrator gleichzeitig mehrere selektive Empfänger für eine Lichtstrahlung mit Empfindlichkeitsmaxima bei verschiedenen Wellenlängen zu verwenden. Dies erhöht die Effektivität des Konzentrators wesentlich und erweitert seine Anwendungsmöglichkeiten. Der Konzentrator ist sehr einfach im Aufbau, hat eine geringstmögliche Anzahl von Bauelementen und ist sehr betriebssicher. Sein Herstellungsverfahren zeichnet sich durch das Fehlen von Prozessen mit arbeitsintensiver mechanischer Bearbeitung aus und umfaßt nur eine kleine Anzahl von Operationen, zu deren Durchführung nur wenig Zeit (etwa einige Minuten) erforderlich ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

50

55

60

65

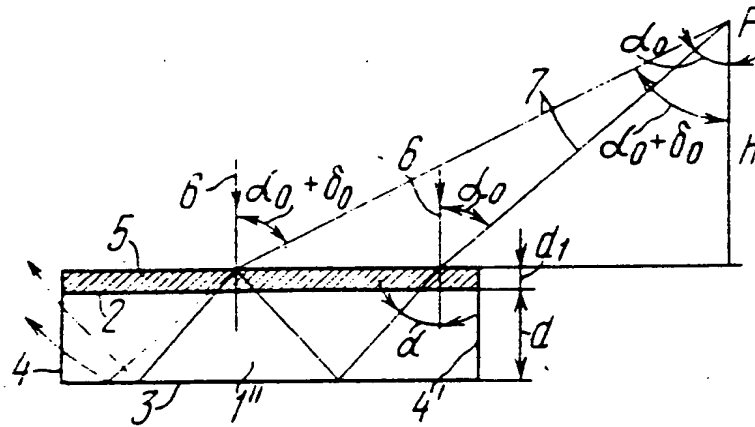


FIG. 4

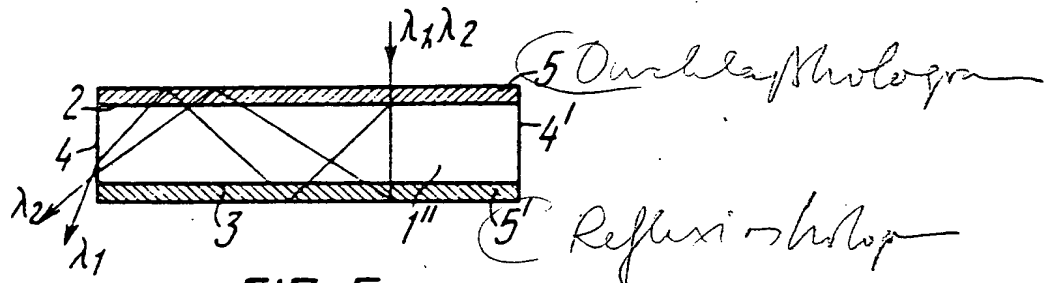


FIG. 5

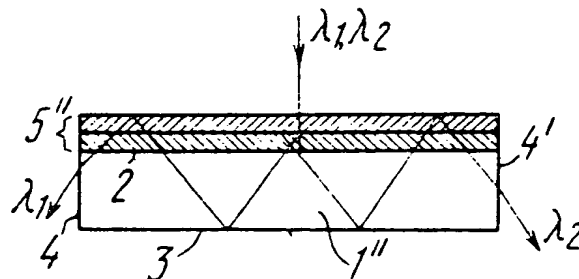


FIG. 6

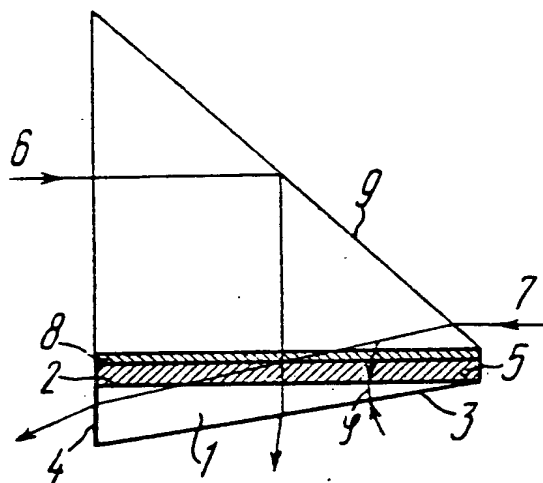


FIG. 1

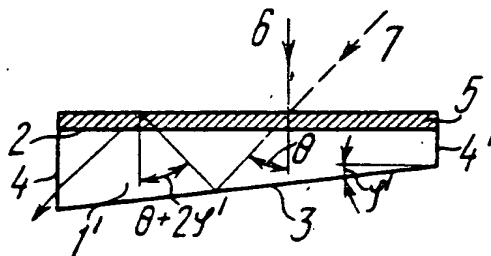


FIG. 2

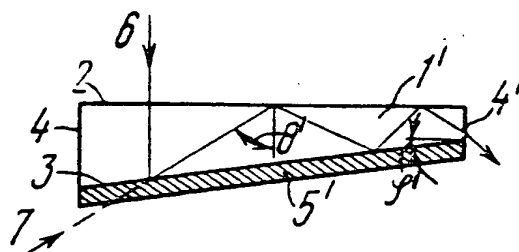


FIG. 3